

PENGARUH ATOM SULFUR PADA PARAMETER KISI KRISTAL MATERIAL SEL SURYA Cd(Se_{1-x}S_x) HASIL PREPARASI DENGAN TEKNIK BRIDGMAN

Ariswan

Prodi Fisika FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta

E-mail : ariswan@uny.ac.id

Abstrak

Penelitian ini secara umum bertujuan untuk mengetahui pengaruh fraksi x atom sulfur pada struktur dan parameter kisi bahan semikonduktor sel surya Cd(Se_{1-x}S_x) masif dengan nilai x dipilih pada nilai 0; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; dan 1,0. Preparasi bahan menggunakan teknik Bridgman dengan pemanasan mencapai suhu maksimum 600°C. Struktur kristal setiap sampel ditentukan dengan *X-Ray Diffraction (XRD)*, Komposisi Kimia dan Morfologi permukaan diketahui dengan sistem terintegrasi *Energy Dispersive Spectroscopy (EDS)* dan *Scanning Electron Microscope (SEM)*. Hasilnya menunjukkan bahwa seluruh senyawa berbentuk polikristal dalam sistem Heksagonal dengan parameter kisi (dalam angstrom) bergantung pada fraksi x atom Sulfur berbentuk:

$$a \text{ (dalam \AA)} = 4,29579 + 0,04807 x - 0,202 x^2; \text{ dan}$$

$$c \text{ (dalam \AA)} = 7,00456 + 0,0834x - 0,36221x^2.$$

Seluruh bahan yang diperoleh adalah homogen dengan ukuran butir berorde 1 μm, dengan komposisi kimia seluruh sampel bersifat non stoichiometri.

Kata kunci : Heksagonal, Teknik Bridgman, sel surya

Abstrak

This research generally aims to determine the effect of the fraction x of sulfur atoms in the structure and lattice parameters of the solar cell semiconductor material Cd (Se_{1-x} S_x) massive. The value of x was determined of 0, 0.4, 0.5, 0.6; 0.8, and 1.0. Those materials were prepared by the Bridgman technique. The crystal structure of samples is determined by X-Ray Diffraction (XRD), chemical composition and the surface morphology by an integrated system of Energy Dispersive Spectroscopy (EDS) and Scanning Electron Microscope (SEM). The results showed that all compounds in a polycrystalline hexagonal system with lattice parameters (in angstrom) as function of the fraction of x in the system of Cd (Se_{1-x} S_x) is given by:

$$a \text{ (in \AA)} = 4.29579 + 0.04807 x - 0.202 x^2 \text{ and}$$

$$c \text{ (in \AA)} = 7.00456 + 0.0834 x - 0.36221 x^2.$$

All materials obtained is homogeneous with a grain size of in order to 1 μm, with a chemical composition of the whole sample is non stoichiometry.

Keywords: Hexagonal, Bridgman technique, solar cell

Pendahuluan

Dewasa ini kebutuhan energi pada kehidupan modern terus meningkat, sehingga para peneliti terus berupaya mengembangkan sumber- sumber energi terbarukan, untuk menggantikan sumber energi konvensional yang teknologi penggunaannya selama ini telah mapan. Alasan utama penelitian dalam bidang ini terus berkembang karena ternyata energi konvensional paling tidak menghadapi dua kendala utama yaitu ketersediaan sumbernya yang terbatas dan masalah polusi gas buang yang ditimbulkan menjadi problematika kehidupan yang sangat kompleks dalam kehidupan sekarang ini.

Salah satu energi terbarukan yang layak dikembangkan adalah teknologi surya. Teknologi sel surya mampu mengubah secara langsung energi surya menjadi energi listrik. Kita semua sangat memahami bahwa energi surya selalu tersedia sepanjang masa, apalagi bagi Indonesia dimana posisi geografis sangat menguntungkan. Dewasa ini para peneliti berupaya untuk mendapatkan berbagai material yang dapat menjadi bahan baku pembuatan piranti sel surya. Material- material temuan baru itu bisa saja memiliki keunggulannya masing- masing, misalnya memiliki efisiensi konversi surya lebih besar dari material yang sekarang ini telah ditemukan atau bisa juga karena biaya fabrikasinya dapat terjangkau dalam pendanaan skala riset laboratorium, Selanjutnya pada perkembangannya berikutnya ketika material tersebut sudah memiliki nilai jual industri kemudian dari laboratorium dapat difabrikasi secara luas dalam merealisasikan panel surya sebagai pembangkit tenaga listrik.

Bahan Cd(Se,S) merupakan bahan semikonduktor yang sangat prometif dan dikenal banyak terapanannya, salah satunya dalam teknologi fotovoltaik [1]. Bahan CdSe adalah bahan semikonduktor bertipe konduktivitas n, sehingga jika disambung dengan semikonduktor tipe p, akan diperoleh sambungan p- n yang bisa menghasilkan piranti sel surya. Bahan Cd(Se,S) memiliki energi gap antara 1,7 eV (CdSe)[2,3] sampai dengan 2,42 eV (CdS) [4], maka bahan ini dapat dipakai sebagai sambungan p-n dalam system sel surya berbasis CdTe[5]. CdSe (Cadmium selenida) berbentuk

padatan dengan warna coklat kehijauan sampai merah gelap. Sedangkan CdS (Cadmium Sulfida) merupakan material semikonduktor tipe n yang juga dapat dimanfaatkan sebagai lapisan penyangga dalam sel surya berbasis CuInSe₂

Cd(Se,S), merupakan senyawa dari Cadmium, Selenium, dan Sulfur yang dalam kondisi biner menjadi CdSe dan CdS. Pada penelitian sebelumnya yaitu menentukan variasi parameter kisi bahan semikonduktor sel surya Cd(Se_{1-x},S_x) dengan alur pemanasan pada suhu maksimum 275°C telah dihasilkan bahwa senyawa tersebut berbentuk polikristal mengikuti sitem orthorombik [6], sedangkan pada penelitian ini pemanasan pada alur yang sama namun dengan suhu berbeda dengan suhu maksimum mencapai 600°C. Pertanyaan yang muncul adalah apakah preparasi dengan mengubah suhu maksimum ini akan menghasilkan struktur kristal yang berbeda. Oleh karena itu pada penelitian ini karakterisasi bahan diarahkan untuk mengetahui pengaruh fraksi x atom sulfur pada struktur kristal dan tentu saja besar parameter Kristal bahan semikonduktor system Cd (Se_{1-x}, S_x). Sebenarnya pengaruh fraksi x atom sulfur tersebut pada dasarnya pada dua hal penting. Pertama pada struktur kristal (parameter kisi kristal) yaitu bagaimana bentuk kebergantungan parameter kisi sistem Cd(Se_{1-x},S_x) terhadap fraksi x atom sulfur. Kedua bagaimana pula kebergantungan energi gap sebagai fungsi dari fraksi x atom Sulfur. Kedua kuantitas fisis tersebut sangat penting yaitu kaitannya dengan persambungan p-n sel surya dan kemampuan serapan bahan terhadap energi surya yang datang pada bahan tersebut. Sebagai langkah awal pada penelitian ini, realisasi baru pada bagaimana bentuk kebergantungan yang pertama yaitu variasi parameter kisi dan struktur kristal sebagai fungsi dari fraksi x atom sulfur

Bahan dan Metode

Proses preparasi bahan Cd(Se_{1-x},S_x) pada penelitian ini, meliputi langkah- langkah sebagai berikut. Pertama, penimbangan bahan sesuai dengan perbandingan molar masing- masing unsur, kedua penyiapan tabung yang telah dibersihkan dengan teknik tertentu, selanjutnya penempatan tabung dan bahan pada pompa vakum untuk membentuk kapsul, ketiga, penempatan kapsul pada tanur dengan pemanasan pada suhu maksimum 275°C, dan keempat mengulangi langkah ketiga dengan kapsul berisi paduan yang telah terbentuk pada langkah ketiga kemudian dipanaskan dengan alur suhu yang sama namun suhu maksimum mencapai 600°C

Preparasi bahan dilakukan menggunakan bahan dasar yaitu Cadmium (Cd); Sulfur (S); dan Selen (Se) masing- masing dengan tingkat kemurnian 99.99%. Penemuan masing-masing bahan dapat dijelaskan sebagai berikut.

CdSe

Langkah pertama adalah menimbang Cd sebesar 1,082 gram, kemudian menimbang Selen (Se) yang ditentukan dengan rumus: $[(1,082)/(BA)_{Cd}] \cdot (BA)_{Se}$, dengan $(BA)_{Cd}$ menyatakan berat atom cadmium, dan $(BA)_{Se}$ menyatakan berat atom selen. Perhitungan tersebut diperoleh massa Selen Se sebesar 0.76 gram. Bahan- bahan di atas dimasukkan kedalam tabung kaca pyrex dengan diameter luar 16 mm dan diameter dalam 12 mm. Tabung kemudian divakum sehingga ketika tekanan dalam tabung mencapai orde 10^{-5} torr, kemudian dilas pada satu sisi dan dihasilkan kapsul pyrex yang berisi Cd dan Se yang massanya sesuai perbandingan molaritas 1 : 1 sesuai dengan perhitungan di atas. Selanjutnya kapsul bahan tersebut dimasukkan ke dalam tanur, kemudian suhu dinaikkan hingga mencapai suhu 200°C dan kemudian dipertahankan selama 6 jam, selanjutnya tanur dimatikan. Pada hari kedua suhu dinaikkan kembali pada suhu 200°C, dipertahankan selama 2 jam, setelah itu dinaikkan sampai suhu 275°C dan dipertahankan pada suhu ini selama 4,75 jam.

Paduan yang diperoleh dengan langkah ketiga, dimasukkan kembali pada tabung yang divakum seperti langkah ke dua. Kapsul pyrex yang berisi paduan langkah ke tiga kemudian dipanaskan kembali dalam tanur hingga dua tahap. Tahap pertama suhu diatur dari suhu kamar sampai 200°C dan dipertahankan selama 4 jam lalu dinaikkan pada suhu 600°C dan dipertahankan selama 5 jam, kemudian tanur dimatikan, sehingga suhu kembali ke suhu kamar.

Cd(Se_{0.6}S_{0.4})

Mula- mula ditimbang Cd sebesar 1,082 gram, selanjutnya massa Se dihitung dengan rumus: $\{[(1,082)/(BA)_{Cd}] \times 0,6 (BA)_{Se}\}$, dengan $(BA)_{Se}$ menyatakan berat atom selen. Masa sulfur dihitung dengan rumus: $\{[(1,082)/(BA)_{Cd}] \times 0,6 (BA)_{S}\}$, dengan $(BA)_{S}$ menyatakan berat atom sulfur. Perhitungan perumusan tersebut menghasilkan Selen (Se) 0.4560 gram dan 0.3087 gram sulfur (S), dan . Bahan- bahan tersebut dipersiapkan untuk preparasi sampel dengan perlakuan pemvakuman,

pengelasan untuk membuat kapsul dan alur pemanasan serta penentuan temperatur pemanasan sama dengan perlakuan pada penyiapan senyawa CdSe.

Cd(Se_{0.5}S_{0.5})

Mula- mula ditimbang Cd sebesar 1,082 gram, selanjutnya massa Se dihitung dengan rumus: $\{[(1,082)/(BA)_{Cd}] \times 0,5 (BA)_{Se}\}$, dengan $(BA)_{Se}$ menyatakan berat atom selen. Sedangkan massa sulfur dihitung dengan rumus: $\{[(1,082)/(BA)_{Cd}] \times 0,5 (BA)_S\}$, dengan $(BA)_S$ menyatakan berat atom sulfur. Perhitungan perumusan tersebut menghasilkan Selen (Se) 0.3800 gram dan 0.1543 gram sulfur (S). Bahan- bahan tersebut dipersiapkan untuk preparasi sampel dengan perlakuan pemvakuman, pengelasan untuk membuat kapsul dan alur pemanasan serta penentuan temperatur pemanasan sama dengan perlakuan pada penyiapan senyawa CdSe.

Cd(Se_{0.4}S_{0.6})

Mula- mula ditimbang Cd sebesar 1,082 gram, kemudian menimbang Selen (se) yang dihitung dengan rumus yang telah diuraikan di atas yaitu sebesar 0.3040 gram, dan Sulfur (S) sebesar 0,1853 gram. Bahan- bahan tersebut dipersiapkan untuk preparasi sampel dengan perlakuan pemvakuman, pengelasan untuk membuat kapsul dan alur pemanasan serta penentuan temperatur sama dengan perlakuan pada penyiapan senyawa CdSe.

Cd(Se_{0.2}S_{0.8})

Mula- mula ditimbang Cd sebesar 1,082 gram, kemudian menimbang selen (Se) yang ditentukan dengan rumus yang telah diuraikan di atas yaitu sebesar 0.1524 gram, dan Sulfur (s) sebesar 0.2470 gram. Bahan- bahan tersebut dipersiapkan untuk preparasi sampel dengan perlakuan pemvakuman, pengelasan untuk membuat kapsul dan alur pemanasan serta penentuan temperatur sama dengan perlakuan pada penyiapan senyawa CdSe.

CdS

Mula- mula ditimbang Cd sebesar 1.082 gram, kemudian Sulfur (S) yang ditentukan dengan rumus yang telah diuraikan di atas yaitu sebesar 0.3088 gram. Bahan- bahan tersebut dipersiapkan untuk preparasi sampel dengan perlakuan pemvakuman, pengelasan untuk membuat kapsul dan alur pemanasan serta penentuan temperatur sama dengan perlakuan pada penyiapan senyawa CdSe.

Hasil dan Pembahasan

Struktur kristal

Penentuan struktur kristal dari sampel hasil preparasi menggunakan teknik difraksi sinar X (XRD). Sistem peralatan yang digunakan adalah tipe Shimadzu XRD -600 dengan panjang gelombang $Cu(K_{\alpha})$ sebesar 1,54056 Å. Masing- masing sampel menunjukkan sifat polikristal mengikuti sistem heksagonal dengan intensitas maksimum pada bidang (100). Hasil spektrum difraksi sinar X beberapa sampel hasil preparasi dengan teknik Bridgman tersebut ditunjukkan seperti tampak pada gambar 1 berikut ini.

Puncak- puncak difraksi kemudian ditentukan bidang (hkl) yaitu dengan membandingkan hasil pengukuran dengan data *JCPDS (Join Committee on Powder Diffraction Standar)* mengacu pada CdSe dan CdS, hasilnya ditampilkan pada tabel 1 berikut ini.

Penentuan parameter kisi masing- masing kristal menggunakan perhitungan teknik analitis dimana setiap sampel dihitung nilai bersama yaitu suatu kuantitas A dan C dari penurunan persamaan berikut ini.

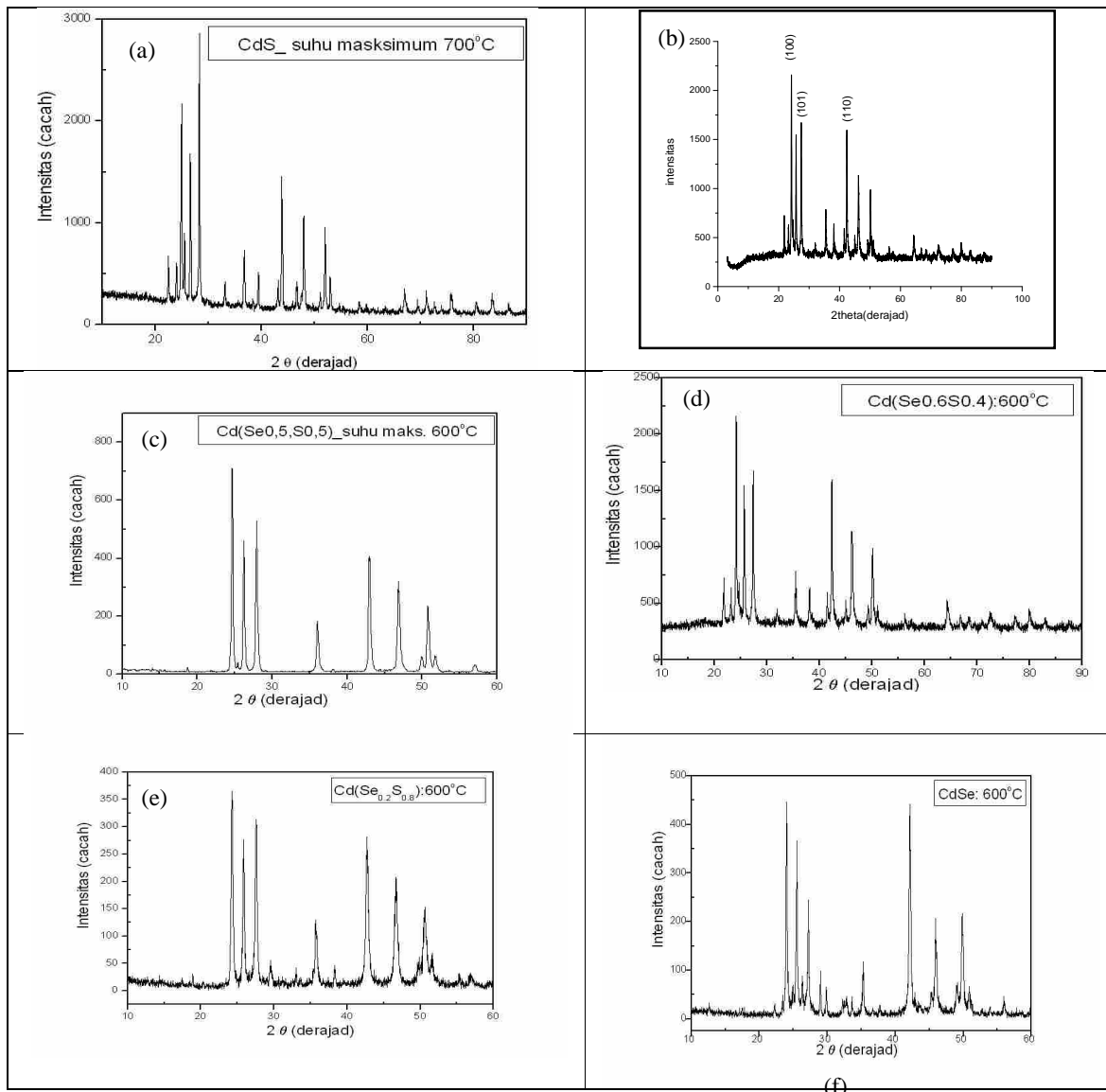
Dimulai dengan Hukum Bragg :

$$2 d \sin (\theta) = \lambda \tag{1}$$

d adalah jarak antara dua bidang kristal, λ panjang gelombang sinar x yang dipakai dan θ adalah sudut difraksinya. Untuk bahan berstruktur heksagonal perhitungan parameter kisi tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut.[7].

Struktur Heksagonal $a = b \neq c$, dengan $\alpha = \beta = 90^{\circ}, \gamma = 120^{\circ}$, maka

$$\frac{1}{d^2} = \frac{4}{3} \left(\frac{h^2 + hk + k^2}{a^2} \right) + \frac{1}{c^2} \tag{2}$$



Gambar 1. Hasil spektrum XRD Cd(Se_{1-x}S_x) (a). x=0 (CdSe); (b). x=0,4 (Cd(Se_{0,6}S_{0,4})); (c). x=0,5 (Cd(Se_{0,5}S_{0,5})); (d). x = 0,6 (Cd(Se_{0,5}S_{0,5})); (e). x= 0,8 (Cd(Se_{0,5}S_{0,5})); dan (f). x =1,0 (CdS)

Seperti di atas d adalah jarak antara bidang (hkl), a dan c berturut- turut parameter kisi. Selanjutnya bila disubstitusikan antara persamaan (1) dan (2) dengan mengambil, akan diperoleh persamaan

$$\sin^2(\theta) = \frac{\lambda^2}{4a^2} \left[\frac{4}{3} (h^2 + hk + k^2) + \frac{l^2}{\left(\frac{c}{a}\right)^2} \right] \quad (3)$$

Persamaan terakhir dapat dinyatakan dalam bentuk:

$$c l^2 = \sin^2 \theta - A(h^2 + hk + k^2) \text{ dengan } A = \frac{\lambda^2}{3a^2} \quad (4)$$

Tabel 1. Puncak-puncak difraksi dari difraktogram Cd(Se_{1-x}S_x)

CdSe			Cd(Se _{0.6} S _{0.4})			Cd(Se _{0.5} S _{0.5})		
2θ	I _{relatif}	hkl	2θ	I _{relatif}	hkl	2θ	I _{relatif}	hkl
24,04	100	100	24,16	100	100	24,16	100	100
25,54	77,1	002	25,69	63	002	25,70	63,6	002
27,22	50,9	101	27,39	71	101	27,401	74	101
35,26	25	102	35,46	25	102	35,56	24,8	102
42,14	98,1	110	42,35	78	110	42,50	56,8	110
45,94	43,5	103	45,88	7	103	46,36	43,8	103
49,12	14	200	49,27	10	200	49,48	7	200
49,84	44	112	50,10	44	112	50,26	30,4	112
50,86	12,7	201	51,08	9	201	51,30	7,7	201
56,04	6	202	56,27	7	202			
			72,46	8	212			
Cd(Se _{0.4} S _{0.6})			Cd(Se _{0.2} S _{0.8})			CdS		
2θ	I _{relatif}	hkl	2θ	I _{relatif}	hkl	2θ	I _{relatif}	hkl
24,43	100	100	24,26	100	100	24,94	72	100
28,74	6	101	25,86	72,8	002	26,63	54	002
43,24	38	110	27,58	83,6	101	28,31	100	101
47,28	18	103	35,70	33,1	102	36,76	21	102
50,22	41	200	42,72	74,5	110	43,85	57	110
51,02	28	112	46,66	53,5	103	48,00	40	103
52,00	4	201	51,64	16,1	201	51,07	7	200
66,05	6	203				52,00	38	112
72,30	7	114				52,98	15	201
77,36	7	204				66,97	11	203
						69,46	6	210

Bila bidang dengan l=0, maka dapat dicari nilai kuantitas A seperti yang telah disebutkan di atas, yang besarnya sama dari berbagai sudut θ. Hal ini bisa terjadi karena untuk l=0 berlaku $\sin^2 \theta = A (h^2+hk+k^2)$. Selanjutnya dengan diperolehnya nilai A yang sama dari beberapa sudut defraksi θ, maka dapat dihitung nilai parameter kisi a dengan rumus:

$$a = \frac{\lambda}{\sqrt{3 A}} \quad (5)$$

Tabel 2. Nilai parameter kisi sistem Cd(Se_{1-x}S_x)

Senyawa	Parameter kisi	
	a = b (angstrom)	c (angstrom)
CdSe	4,299	7,008
Cd(Se _{0.6} S _{0.4})	4,209	6,931
Cd(Se _{0.5} S _{0.5})	4,252	6,927
Cd(Se _{0.4} S _{0.6})	4,165	6,6776
Cd(Se _{0.2} S _{0.8})	4,232	6,885
Cd S	4,129	6,724

Parameter kristal c dapat ditentukan dengan mencari nilai yang sama (sebut C), dimana C adalah nilai yang sama dari besaran $\sin^2 \theta$, $\sin^2 \theta - A$, $\sin^2 \theta - 3A$. Jika nilai bersama C tersebut diketahui dapat ditentukan parameter kisi c dengan menggunakan rumus :

$$c = \frac{\lambda}{2\sqrt{C}} \quad (6)$$

Metode perhitungan analitis tersebut telah dilakukan, diperoleh nilai parameter kisi masing- masing nilai x dapat ditunjukkan dalam tabel 2 berikut ini.

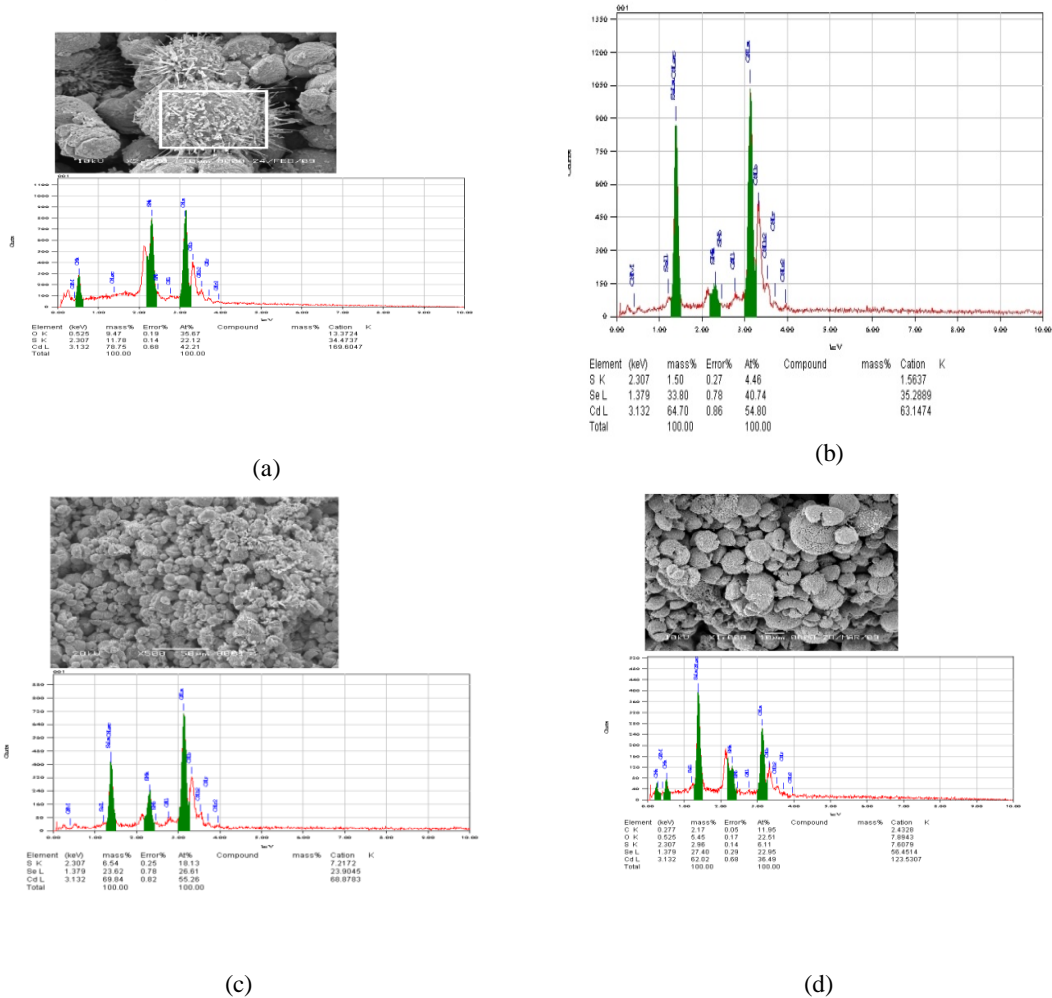
Selanjutnya dengan teknik ekstrapolasi dapat dinyatakan bahwa hasil invensi menunjukkan bahwa senyawa $Cd(Se_{(1-x)},S_x)$ terkristalisasi dalam struktur heksagonal dengan parameter kisi a (=b), dan c sebagai fungsi komposisi x atom sulfur diberikan oleh:

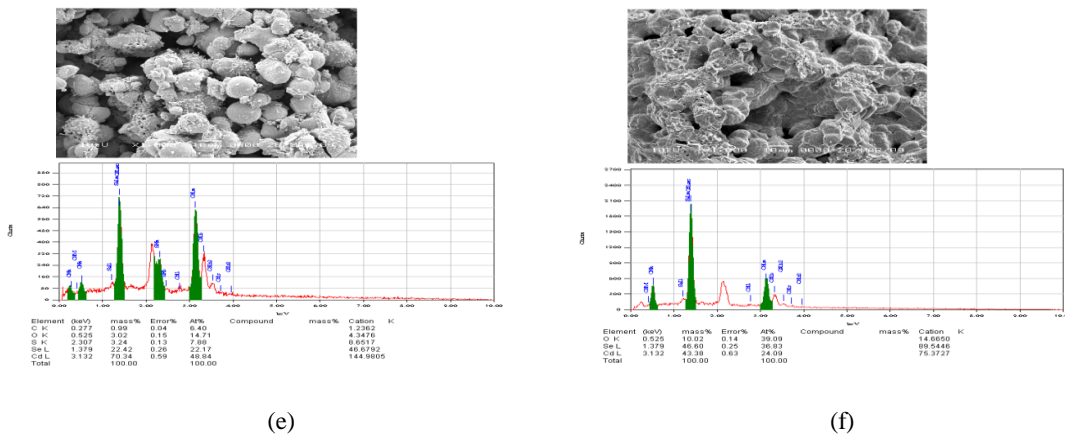
$$a \text{ (dalam \AA)} = 4,29579 + 0,04807 x - 0,202 x^2; \text{ dan} \quad (7)$$

$$c \text{ (dalam \AA)} = 7,00456 + 0,0834x - 0,36221x^2. \quad (8)$$

Hasil EDS dan SEM

Karakterisasi untuk menunjukkan morfologi permukaan dan komposisi kimia sampel telah dilakukan dengan EDS yang sistem pirantinya terpadu dengan SEM. Pada EDS prinsip pengukurannya adalah sinar x yang dihasilkan ketika sampel ditembaki oleh berkas electron, sedangkan pada SEM adalah lebih pada peran electron sekunder yang terjadi pada sampel. Hasil kedua karakterisasi ditampilkan pada gambar 2 .





Gambar 2. Hasil pengukuran EDS sampel $Cd(Se_{1-x},S_x)$ dengan (a) $x = 0$; (b). $x = 0,4$; (c). $x = 0,5$; (d). $x = 0,6$; (e). $x = 0,8$; (f). $x = 1,0$.

Hasil karakterisasi EDS seluruh sampel menunjukkan sudah tampak terbentuknya fase $Cd(Se_{1-x},S_x)$ dengan komposisi non stoichiometry, yakni menyimpang dari senyawa harapannya. Hal ini sesuatu hal yang wajar mengingat teknologi vakum pada saat membentuk kapsul belum bisa mencapai tekanan yang optimal yaitu berorde 10^{-6} Torr. Namun demikian dari karakterisasi XRD dan EDS ini menunjukkan fase $Cd(Se_{1-x},S_x)$ sudah terbentuk sehingga penelitian kearah aplikasi pada realisasi sel surya sudah bisa dilanjutkan.

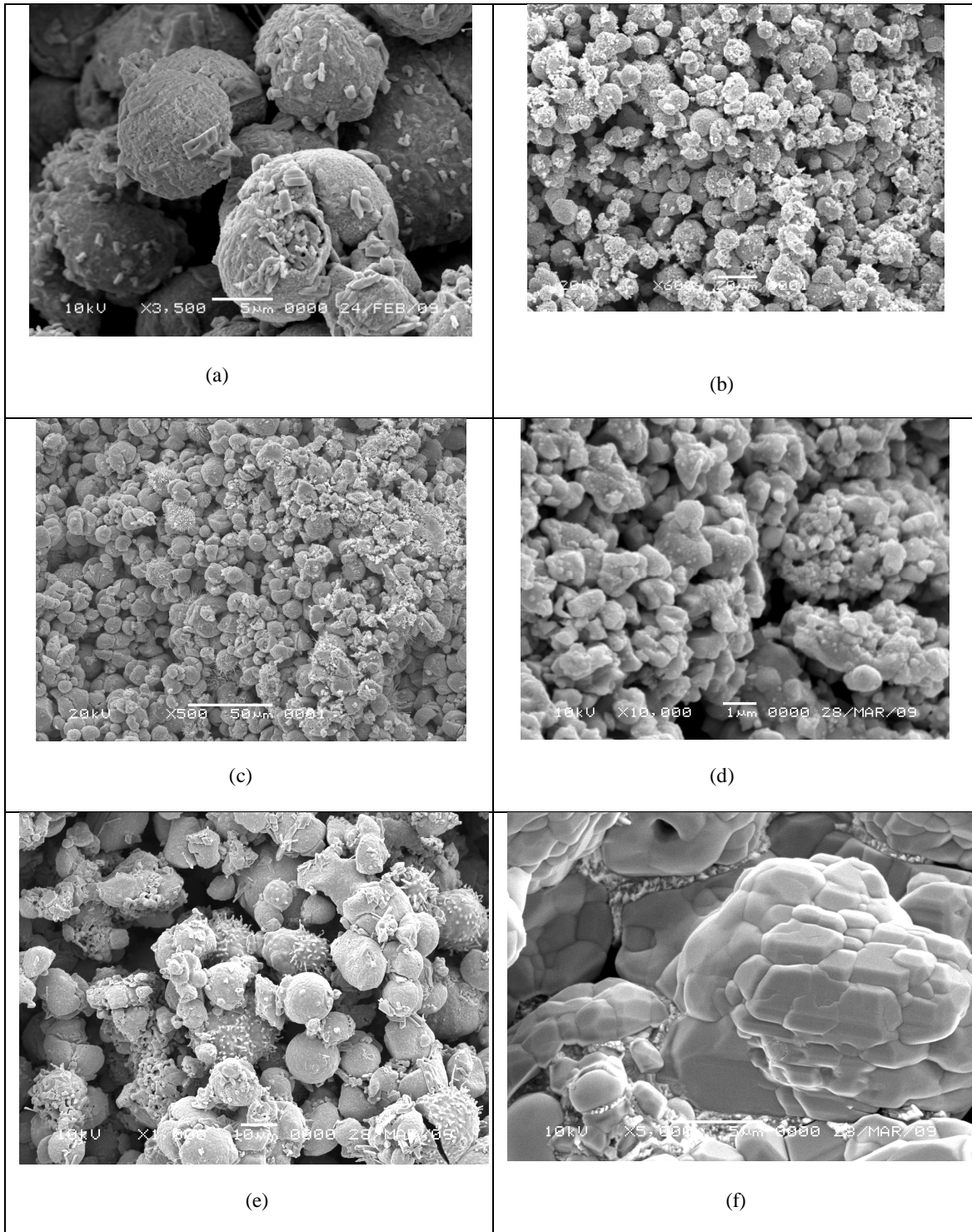
Komposisi kimia setiap fraksi x atom sulfur dapat ditunjukkan pada tabel 3 berikut ini.

Komposisi kimia dari hasil EDS menunjukkan hampir semua senyawa miskin atom sulfur. Hal ini perlu menjadi perhatian khusus ketika alur pemanasan mencapai suhu maksimum $600^{\circ}C$ sementara titik lebur sulfur hanya sebesar $119^{\circ}C$ sehingga semestinya alur pemanasan pada suhu rendah yaitu $200^{\circ}C$ perlu diberi waktu yang lebih lama dibandingkan pada yang telah dilakukan pada riset ini agar formasi sulfur pada $Cd(Se,S)$ menjadi lebih sempurna.

Tabel 3. Hasil pengamatan EDS dengan nilai fraksi x atom sulfur $Cd(Se_{1-x},S_x)$

Fraksi x Sulfur	Rumus Kimia Senyawa		Keterangan
	Teori	Hasil EDS	
0	$CdSe$	$CdSe_{1,3}$	Kelebihan selen
0,4	$Cd(Se_{0,6},S_{0,4})$	$Cd(Se_{1-x},S_x)$	Sulfur lebih rendah
0,5	$Cd(Se_{0,5},S_{0,5})$	$Cd(Se_{0,67},S_{0,17})$	Sulfur lebih rendah
0,6	$Cd(Se_{0,4},S_{0,6})$	$Cd(Se_{0,48},S_{0,32})$	Sulfur lebih rendah
0,8	$Cd(Se_{0,2},S_{0,8})$	$Cd(Se_{0,45},S_{0,16})$	Sulfur lebih rendah
1,0	CdS	$CdS_{0,5}$	Sulfur lebih rendah

Hasil SEM yang merupakan bentuk morfologi permukaan sampel ditunjukkan pada gambar 3. Hasilnya sudah menampakkan adanya grain atau butiran kristal pada setiap bahan hasil dipreparasi. Hal ini menunjukkan bahwa kristalisasi bahan sudah terjadi. Bahkan kalau diperhatikan pada masing-masing sampel tersebut ada hubungan antara tinggi intensitas difraktogram XRD dengan ukuran butir pada morphology permukaan. Bila diukur dengan pencacahan yang identik, maka sampel dengan ukuran butiran yang lebih besar akan memberikan intensitas yang lebih besar pula. Hal ini tentu ada kaitannya dengan kristalinitas bahan. Homogenitas warna pada foto morfologi berkaitan dengan homogenitas unsur pada sampel, oleh karena itu hasil preparasi senyawa $Cd(Se,S)$ ini menghasilkan sampel- sampel homogen ditunjukkan dengan keadaan homogenitas warna hasil SEM dari setiap sampel tersebut.



Gambar 3. Foto morphology permukaan senyawa $Cd(Se_{1-x}S_x)$ dengan (a) $x=0$; (b). $x=0,4$; (c). $x=0,5$; (d). $x=0,6$; (e). $x=0,8$; (f). $x=1,0$.

Kesimpulan

Setelah melakukan penelitian tentang preparasi bahan $Cd(Se_{1-x}S_x)$ dengan alur pemanasan tertentu dan suhu maksimum mencapai $600^{\circ}C$, maka disimpulkan berikut ini .

1. Preparasi bahan semikonduktor $Cd(Se_{1-x}S_x)$ dengan alur pemanasan tertentu dan dengan suhu maksimum ($275^{\circ}C$) sudah terbentuk kristal berstruktur orthorombik, sedangkan ketika suhu maksimumnya dinaikkan menjadi $600^{\circ}C$ terjadi perubahan struktur kristal menjadi yaitu berubah menjadi struktur heksagonal dengan orientasi puncak defraksi dominan pada bidang dengan indeks Miller (100).
2. Pada pemanasan hingga mencapai suhu $600^{\circ}C$ kristal semikonduktor $Cd(Se_{1-x}S_x)$ memiliki struktur heksagonal dengan besarnya parameter kisi sebagai fungsi komposisi fraksi x atom sulfur diberikan oleh persamaan:
$$a(\text{ dalam } \text{Å}) = 4,29579 + 0,04807 x - 0,202 x^2; \text{ dan}$$
$$c(\text{ dalam } \text{Å}) = 7,00456 + 0,0834x - 0,36221x^2$$
3. Hasil analisis komposisi kimia telah menunjukkan fase $Cd(Se,S)$ namun senyawa masih bersifat non stoichiometry dengan kandungan sulfur yang relatif rendah dibandingkan dengan teori dan dari bentuk morfologi permukaan menunjukkan sudah terbentuk gumpalan- gumpalan kristal (grain) dengan homogenitas paduan ditandai dengan keseragaman warna pada morfologi permukaan tersebut.

Ucapan Terima Kasih

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada DP2M Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Depdiknas yang telah membiayai penelitian ini melalui dana penelitian fundamental. Penelitian ini memiliki nilai strategis untuk memberikan informasi tentang sifat- sifat fisik bahan sel surya berbasis $Cd(Se,S)$.

Daftar Pustaka

1. B. Denac, M. Kristl, M. Drofenik, Chalcogenide Letters, Volume .8, No.7, July 2011, p.427-434
2. K.R Murali, K. Sivaramamoorthy, S. Asath Bahadurb, M. Kottaisamyc, Chalcogenide Letters Vo.5, No.11, 2008 p.5-9
3. Prosiding Seminar Nasional Himpunan Fisika Indonesia Cabang Jateng DIY, FMIPA Universitas Sebelas Maret, Surakarta, Maret 2013.
4. Ariswan, Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA Fakultas MIPA Universitas Negeri Yogyakarta, 18 Mei 2013, p.F-15-F22.
5. Romeo N, A. Bosio, A. Romeo, Solar Energy Materials & Solar Cells, 94 2010 p.2-7
6. Ariswan, Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA Fakultas MIPA Universitas Negeri Yogyakarta, 16 Mei 2009, p.F-15-F22.
7. Suryanarayana and M. Grant Norton, X- Ray Diffraction A Practical Approach, (1998), Plenum Press New York and London, p.125-153.